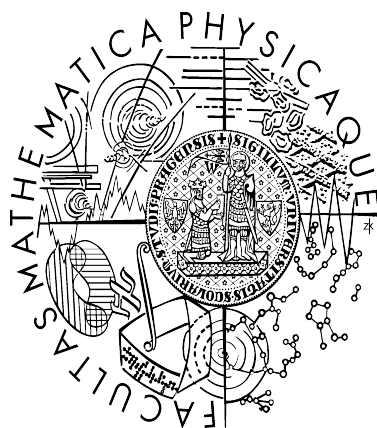


Univerzita Karlova v Praze  
Matematicko-fyzikální fakulta

## DIPLOMOVÁ PRÁCE



Ondřej Sameš

Least Cost Routing pro vytáčené připojení k Internetu

Katedra softwarového inženýrství

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Ing. Jiří Peterka

Studijní program: Informatika, Softwarové systémy

Velmi rád bych poděkoval vedoucímu své práce RNDr. Ing. Jiřímu Peterkovi za jeho trpělivost a podporu.

Rád bych také poděkoval svým nadřízeným ve firmě OKsystem s.r.o., kteří mi vycházeli v mnohém vstříc a také mi poskytli interní data firmy, které jsem mohl použít jako vstup pro program.

Dále pak rodině a přátelům, jenž měli často více naděje a snažili se mě podpořit.

Je to samostatná práce, ale jako téměř každé dílo je zároveň prací spousty lidí přede mnou, kteří věřili a věří, že sdílet myšlenky a výsledky práce je správné a je to cesta kupředu. Bez nich bych nemohl použít Asterisk, Python, Debian a další.

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci napsal samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů. Souhlasím se zapůjčováním práce.

V Praze dne 17. 4. 2009      Ondřej Sameš

Poděkování	1
Obsah	2
Abstrakt	5
1. Úvod charakterizující kontext problému	6
1.1 Úvod do problematiky současné telefonie	6
1.1.1 Popis vývoje telefonie	6
1.1.2 Propojovací poplatky	7
1.1.3 Současná situace	7
1.1.4 Klasifikace telefonie	8
1.2 Vývoj diplomové práce	8
1.3 Least Cost Routing	9
1.4 Přehled protokolů pro internetovou telefonii	10
1.4.1 H.323	10
1.4.2 SIP	10
1.4.3 Skype	10
1.5 Účtování hovorů	11
1.6 Problémy Internetové telefonie	12
1.6.1 Bezpečnost	12
1.7 Přesné vymezení problému a cílů návrhu	13
2. Analýza problému LCR	14
2.1 Definice problému	14
2.2 Kvalita hovoru	14
2.3 Spolehlivost hovoru	15
2.4 Cena hovoru	15
2.4.1 Analýza problému rozpoznání destinace	16
2.4.2 Analýza problému tarifikace	17
2.4.3 Analýza problému závislosti na čase volání	19
2.5 Další parametry hovoru	20
2.5.1 Zabezpečení	20
2.5.2 Rychlost navázání spojení	20
2.5.3 Služby navíc	20
2.5.4 Uživatelské preference	20
3. Řešení problémů LCR	21
3.1 Kvalita hovoru	21

3.2 Návrh algoritmu řešení LCR	21
3.3 Reprezentace tarifů	22
3.4 Reprezentace skupin	22
3.4.1 Problémy implementace úlohy	23
3.4.2 Účtování a jeho reprezentace	23
3.4.3 Vypořádání se s přenositelností	24
3.4.4 Řešení problému závislosti na době volání	24
3.5 Datové struktury pro reprezentaci tarifů.	25
3.6 Definice pojmů	26
3.7 Statické/dynamické řešení	26
4. Implementace programu	27
4.1 Analýza implementace programu	27
4.2 požadavky na případně použitý sw	27
4.3 Analýza umístění programu	27
4.4 Návrh řešení s diskusí alternativ	27
4.4.1 Integrace do stávajících řešení	28
4.4.2 Možnost implementace jako samostatného programu	28
4.4.3 Rozdělení stávajícího řešení	28
4.4.4 Modul	29
4.4.5 Program jako součást klientské aplikace	29
4.4.6 Umístění jako server	30
4.4.7 Použití Asterisku	30
5. Popis implementace programu	32
5.1 Spojení programu s Asteriskem	32
5.2 Popis rozhodovacího algoritmu	32
5.3 Popis zpracování záznamů o hovorech	33
5.4 Konfigurace	33
5.4.1 Konfigurace Asterisku	33
5.4.2 Nastavení Tarifu	34
5.5 Modul Směrovač	34
5.6 Modul LCR	35
5.6.1 Asterisk Gateway Interface (AGI)	35
6. Příklad analýzy konkrétních dat	36
7. Srovnání s jinými implementacemi	38

7.1 Tarifikátory	38
7.2 LCR systémy	38
8 Shrnutí výsledků a závěr	40
8.1 Výsledky práce	40
8.2 Možnosti dalšího rozšíření práce	40
8.3 Zhodnocení	41
9 Seznam literatury	42

Název práce: Least Cost Routing pro vytáčené připojení k Internetu

Autor: Ondřej Sameš

Katedra: Katedra softwarového inženýrství

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Ing. Jiří Peterka

e-mail vedoucího: Jiri.Peterka@mff.cuni.cz

Abstrakt: Předkládaná práce se zabývá analýzou problému hledání nejvýhodnějšího směrování hovorů v oblasti internetové telefonie. Nejprve je popsáno prostředí telefonie s ohledem na současně používané technologie a situaci na trhu, která určuje výchozí podmínky pro úlohu; pro každý odchozí hovor můžeme využít služeb různých poskytovatelů, jejichž výhodnost závisí na kvalitě služby, účtování hovoru a jeho délce. Práce obsahuje rozbor a řešení této úlohy a ukazuje způsoby, jak se vypořádat s variabilní délkou hovoru. Dalším jejím těžištěm je problém zařazení cílové adresy do skupin, dle nichž poskytovatel hlasových služeb určuje cenu hovoru. V další části se práce zabývá konkrétní implementací programu řešícího úlohu. Výsledkem je modul vybírající nejvýhodnější spojení a popis jeho integrace v softwarové telefonní ústředně Asterisk, která byla vybrána pro svou univerzálnost, otevřenost a rozšíření, čímž se zvýšila použitelnost řešení. Výsledný modul je na Asterisku nezávislý a mohl by být implementován například do webového rozhraní nebo použit jako samostatný program. V závěru je provedeno srovnání s obdobnými řešeními a je nastíněna možnost dalšího rozšíření a vývoje.

Klíčová slova: LCR, Telefonie, Asterisk, VoIP

Title: Least Cost Routing for Dial-up internet access

Author: Ondřej Sameš

Department: Department of Software Engineering

Supervisor: RNDr. Ing. Jiří Peterka

Supervisor's e-mail address: Jiri.Peterka@mff.cuni.cz

Abstract: The submitted thesis deals in the analysis of the problem of searching the most convenient calls routing in internet telephony. First, there is the telephony environment described regarding current used technologies and market situation, which determines initial assignment conditions: for each outgoing call we can use services of various providers, whose advantage depends on service quality, charging and call length. The work contains analyses and a solution to this assignment and introduces possible ways to deal with varying call lengths. Further focus is given on the problem of grouping destination addresses into different voice services provider's rates. Second, this work deals in the particular implementation of the assignment solving program and results in a module returning the most convenient connection and a description of its integration in software PBXswitchboard Asterisk, which had been chosen for its universality, openness and expansion and has so enhanced the solution usability. The final module is independent of Asterisk and could be implemented, for instance, into a web interface or used as a stand-alone application. In the conclusion, there is introduced a comparison with similar solutions as well as a possibility of further expansion and development.

Keywords: LCR, telephony, Asterisk, VoIP

# 1. Úvod charakterizující kontext problému

## 1.1 Úvod do problematiky současné telefonie

### 1.1.1 Popis vývoje telefonie

Hlasové služby jsou odvětvím komunikací, jenž poslední roky prodělává nejdynamičtější vývoj. Jedná se o prostředí, které bylo doménou velkých změn. Není to dlouho, co telekomunikace byly výsadou velkých společností, které toto síťové odvětví spravovaly monopolně. Tento monopol se ovšem začal oslabovat díky novým technologiím a ztrátě exkluzivity v oblasti přenosu hlasu. Příchodem mobilních operátorů se objevila alternativa telefonní linky jako jediného přístupu k hlasovým službám.

Rozšíření internetu a vývoj výpočetní techniky pak přinesl revoluci. Připojení k internetu se stalo novým kanálem a médiem pro hlasové služby, které se nyní mohly zcela obejít bez dosavadních poskytovatelů a jejich sítí. Zároveň se stávaly stále dostupnější osobní počítače, které zvládaly kódování a dekódování zvuku v reálném čase a dokázaly tak nabídnout alternativu ke klasickému telefonu.

První alternativou se v naší republice stala volba poskytovatele pomocí předvolby (např. společnost Tele2), kdy zákazník mohl přidat před volané číslo předvolbu, jež určila poskytovatele služeb. Tato služba využívala původní telefonní linku od zákazníka a napojovala ho na nejbližší telefonní ústřednu, kde směrování hovoru přebíral alternativní operátor s využitím své či pronajaté (levnější) infrastruktury.

Výhodou tohoto řešení bylo, že se jako první stalo dostupným velkému počtu zákazníků a vytvořilo tolik potřebnou alternativu k dosud monopolnímu Telekomu. Nevýhodou však byla schopnost konkurovat pouze na meziměstských a mezistátních hovorech. Po sjednocení cen při volání mezi pevnými linkami po celé republice (zrušení meziměstských hovorů) tito poskytovatelé prakticky přišli o svůj trh.

Další alternativu přinesla technologie, která byla kupodivu výrazně dražší. Na rozdíl od téměř neexistujícího trhu v segmentu pevných linek, se příchodem druhého a třetího mobilního operátora začaly postupně snižovat ceny hovorného, které se v některých případech dostaly na úroveň cen v pevné síti, zvláště díky speciálním programům a nabídkám.

Posledním výrazným impulzem pro telefonii byl vstup provozovatelů kabelových televizí na trh, kteří díky své marketingové síle byly schopni oslovit své stávající zákazníky. Dokázali též přinést službu charakterem více podobnou klasickým telefonům, na které jsou uživatelé více zvyklí.

Vývojem se tak internetová telefonie již stala běžně používanou technologií, která je běžně brána jako alternativa klasické veřejné telefonní sítě. Díky využití internetu jako přenosového média se otevřela možnost pro vznik mnoha různě velkých operátorů, kteří nyní působí na našem trhu. Dnes jich je již přes 200 a patříme tak celosvětově mezi země s největším počtem operátorů.

### **1.1.2 Propojovací poplatky**

Základní vliv na tvorbu cen mají regulátorem určené propojovací – terminační poplatky, které by měly pokrýt náklady na zprostředkování hovoru. Tento poplatek si účtují poskytovatelé telekomunikačních služeb, pokud je volané číslo v jejich síti. Poplatek je několikanásobně vyšší pro čísla v mobilních sítích (2,99 Kč/min bez dph k 1. 1. 2009 [1]) ku číslům v pevných sítích (0,15-0,36 Kč/min bez dph k 1. 1. 2009 [2]) a určuje tak přirozené hranice pro ceny hovorného. Pokud by operátor účtoval nižší ceny, na hovorech by prodělával. Ceny se tak pod terminační poplatky pohybují výjimečně, nejběžnější je příklad sms zpráv, kde je poplatek 1,40 (bez dph), ač je často účtována cena 1,00 (bez dph). To je dáno konkurencí a předpokladem, že zaplacené terminační poplatky se operátorům vrátí, protože počet sms zpráv odeslaných ze a do sítě operátora bývá přibližně stejný a operátor je celkově v zisku. Nezanedbatelnou položkou jsou také sms zprávy posílané do vlastní sítě generující zisk nedotčený terminačními poplatky.

### **1.1.3 Současná situace**

V dnešní době je již náš trh s telekomunikačními službami liberalizovaný a zákazník si může vybírat z většího počtu poskytovatelů telekomunikačních služeb. Existuje mnoho poskytovatelů telekomunikačních služeb různých velikostí nabízejících velké spektrum programů s možností připojení pomocí klasické veřejné telefonní sítě, sítě mobilních operátorů, Internet, či jiné vlastní fyzické sítě (kabelové, bezdrátové).



#### 1.1.4. Klasifikace telefonie

- Veřejná telefonní síť je označována PSNT (public switched telephone network) a je stále nejrozšířenější formou telefonie. Pro adresaci se využívají čísla, která přidělují státní regulátoři.
- Internetová telefonie - VoIP (Voice over Internet Protocol) je implementována jako služba na internetu pomocí standardizovaných protokolů (SIP, IAX). Uživatel se pomocí klientské aplikace připojuje k službám na serverech, které přijímají příchozí hovory a zprostředkují hovor. Pro příjem hovoru musí uživatel sám spustit tuto službu na svém počítači (bývá součástí většiny klientů) a nebo se může zaregistrovat na serveru poskytujícím službu příjmu hovorů.
- Samostatné komunikační sítě provozované na internetu se liší centrální správou uživatelů, proprietárním klientem a často také vlastním, uzavřeným protokolem. Příkladem těchto sítí jsou AIM, ICQ, Yahoo! Messenger, Windows Live Messenger, Skype.

V současné době je evidentní směřování k vzájemnému propojování sítí. Jsou nabízeny služby pro volání z komunikačních sítí do veřejné telefonní sítě a naopak je uživatelům sítí navržena registrace telefonního čísla na kterém mohou být dostupní. Voip je používán k překonání poslední míle mezi operátorem a jeho zákazníkem.

## 1.2 Vývoj diplomové práce

Vzhledem k delšímu časovému období od zadání práce (listopad 2003) a aktuálnosti zadání práce se téma posunulo od původně zadaného least cost routingu pro vytáčené připojení k internetu. Původním záměrem práce bylo vytvořit uživatelskou aplikaci, která by vybírala nejvýhodnější připojení k internetu pomocí vytáčeného připojení přes telefonní linku. Během prvních dvou let, kdy jsem byl vytížen převážně prací na společném Softwarovém projektu, se však situace dramaticky změnila a připojování k internetu pomocí modemu silně ustupovalo. Naopak se začala rozvíjet právě internetová telefonie.

Na návrh vedoucího tedy bylo těžiště působnosti přeneseno na internetovou telefonii a na

výběr nejlevnějšího zprostředkovatele hovoru. Společným jmenovatelem v obou případech je řešení problému rozhodnutí o výběru poskytovatele služby na základě odhadu délky užívání služby.

## 1.3 Least Cost Routing

Pojem Least Cost Routing znamená v překladu nejlevnější směrování. Poskytovatel telekomunikačních služeb je subjekt (firma), který umožňuje svým zákazníkům uskutečňovat telefonní hovory. Poskytovatelé mohou sami uskutečnit pouze hovory, kde volaný i volající patří přímo do sítě daného poskytovatele – jsou koncovými uživateli daného operátora. Pro uskutečnění ostatních hovorů musí poskytovatelé využívat služeb svých konkurentů, musí tedy hovory směřovat přes cizí síť. Protože mezi operátory nefunguje přímé spojení každého s každým a operátoři mohou své služby poskytovat za rozdílné ceny, přichází proces LCR, pomocí něhož se operátor snaží směřovat své hovory cestou s nejmenšími náklady.

Tento proces může být poměrně složitý vzhledem k velkému počtu poskytovatelů a ještě většímu počtu rozdílných skupin destinací (ve světovém měřítku). Situace navíc není statická, ale nabídky operátorů se průběžně mění.

Dalším faktorem, který může výběr komplikovat je kvalita poskytovaných služeb (hovorů). Tato otázka je sama o sobě složitá, protože je do ní zahrnuto několik faktorů. Nejtypičtějším je kvalita zvuku při hovoru, ale důležitá jsou i parametry jako zpoždění, absence chyb jako jsou např. ozvěny. Zároveň se do kvality zahrnují lépe měřitelné parametry jako je úspěšnost uskutečnění hovoru, pravděpodobnost přerušení hovoru.

Protože úspěšnost společností je dána především schopností poskytovat levnější služby, věnují jí poskytovatelé velkou pozornost, využívají na její správu odborné pracovníky a specializované aplikace.

Chyba při Least Cost Routingu může naopak vést k velkým ztrátám ve velmi krátké době, například pokud nabídne poskytovatel směrování hovorů do dané destinace levněji, než ji sám kupuje (ku příkladu chybným zařazením mobilních čísel mezi pevné linky). Ztráta je navíc znásobena tím, že tato nabídka operátora se pro ostatní poskytovatele stane nejlepším na trhu a tudíž se jí budou snažit využít.

## 1.4 Přehled protokolů pro internetovou telefonii

### 1.4.1 H.323

Jedná se o komplexně koncipovanou skupinu protokolů pro přenos audiovizuálního obsahu pomocí paketových sítí pocházející od Mezinárodní Telekomunikační Unie (ITU), tedy na rozdíl od ostatních protokolů tato vznikala přímo ve světě telekomunikací. Původním použitím měl být přenos multimediálního obsahu po LAN sítích (vznikl v roce 1996), ale s nástupem internetu byla použita především pro VoIP.

### 1.4.2 SIP

Session Initiation Protocol je signální aplikační protokol pro vytváření a správu relací. Vývoj protokolu začal v roce 1995, aktuální RFC popisující protokol má číslo 3261 [3], předchozí bylo 2543. SIP začínal podobně jako http jako velmi jednoduchý client-server/request-response protokol. S http má také podobnou strukturu dotazu/odpovědi. Během posledních let zaznamenal největší nárůst a díky svým vlastnostem je dobře podporován a stává se standardem pro internetovou telefonii (co se otevřených standardů týče).

### 1.4.3 Skype

Program a síť Skype se staly pro mnoho lidí synonymem pro internetovou telefonii. Je to služba, která poskytl telefonování zdarma ve své síti (přes internet), přičemž toto telefonování bylo zároveň kvalitní i jednoduché a dobře použitelné. Skype je peer to peer síť s vlastním, uzavřeným protokolem, což je rozdíl oproti předchozím standardizovaným protokolům. Existuje tedy pouze jedna síť ve které fungují pouze originální klienti. Skype je silně decentralizovaná síť ve které se sami klienti podílejí na zprostředkování hovorů pro ostatní uživatele, což umožňuje velký rozsah sítě, kdy Skype najednou používají miliony uživatelů, bez velkého centrálního serveru. Peer-to-peer orientace a decentralizace také pomáhá při překonávání NATu a různých firewallů, což je jedna z výhod a příčin rozšíření programu.

Další vlastností tohoto rozšířeného protokolu je šifrování všech hovorů. Společně s

uzavřeností klienta a protokolu je tak velmi nepravděpodobné, že by hovor mohl monitorovat a odposlouchávat někdo jiný, než firma provozující Skype a těm, kterým to umožní. Na druhou stranu uživatel tak sám nemá kontrolu nad tím co program dělá.

## 1.5 Účtování hovorů

Většina tarifů poskytovatelů telefonních služeb není pouze jednoduchý vztah ceny jedné sekundy hovoru, ale nezbytnou součástí zpoplatnění je také určení účtování hovoru, tedy po jak dlouhých časových intervalech je hovor zpoplatněn. Nejmenší časovou jednotkou na kterou je doba hovoru zaokrouhlována jsou sekundy. Zaokrouhlení je vždy nahoru, tedy uživatel vždy zaplatí celý poslední interval (impuls) i pokud ho celý nevyužije. Z toho plyne, že pro uživatele je nejlepší mít tyto intervaly co nejkratší, kdežto poskytovatel nejvíce vydělá na delších intervalech. Při srovnání tarifů pak může vycházet lépe tarif s vyšší sazbou hovorného, avšak s lepším účtováním:

Mějme tarif A: 5 Kč/min s účtováním 60+30 (běžné uváděný formát účtování: délka prvního intervalu + délka každého dalšího v sekundách) a tarif B s cenou 5,50 Kč/min s účtováním 60+1.

Pokud tedy srovnáme křivku obou tarifů, zjistíme, že tarif B je vždy výhodnější při délce hovorů 1:01 – 1:21, 1:31 – 1:49, 2:01 – 2:16, 2:31 – 2:43, 3:01 – 3:10, 3:31 – 3:38, 4:01 – 4:05 a 4:31 – 4:32. Může se tedy stát, že tarif B bude výhodnější než tarif A, obzvláště pokud bude většina hovorů v rozmezí 1 – 4 minut, což je poměrně pravděpodobný předpoklad. Důležitost uvažování účtování můžeme také demonstrovat na extrémním příkladu: C bude tarif s cenou 0,5 Kč/min a účtováním 6000+6000. I při desetině minutové ceny hovoru oproti předcházejícím tarifům zaplatí uživatel minimálně 50 Kč za hovor.

U účtování tarifu A a B (běžně používané u českých mobilních operátorů) si můžeme všimnout, že první minuta je vždy účtována celá. Určuje se tak minimální cena hovoru ve které je zohledněna režie sestavení hovoru, což je natolik běžné, že se účtování uvádí právě v tvaru  $m+n$ . Toto minimální zpoplatnění hovorů je pak daleko markantnější u mezistátních hovorů, kde je často účtován přímo propojovací poplatek, tedy částka hned na začátku spojení bez ohledu na délku hovoru. U vnitrostátních se tento propojovací poplatek vyskytuje zřídka, cena spojení se rozloží do onoho prvního intervalu, který je vždy zaplacen, a minimální cena hovoru je dána především marketingem poskytovatelů služeb (protože spojení hovorů si

vzájemně neúčtují). U mezistátních hovorů může propojovací poplatek tvořit velkou část nákladů operátora na hovor (a tedy i ceny hovoru pro zákazníky).

## **1.6 Problémy Internetové telefonie**

Network address translation (NAT) (překlad adres, použití privátních IP adres) je častým problémem pro internetovou telefonii. Každý program, který má sloužit k přijímání požadavků (funkce serveru) - zde k přijímání žádostí o hovor, musí být dosažitelný ze sítě, čemuž právě NAT zabráňuje.

### **1.6.1 Bezpečnost**

Zabezpečení by mělo vždy odpovídat ceně informací, které jsou v sázce. Zajímavý přehled různých nebezpečí pro Internetovou telefonii můžeme najít například v podkladech pro přednášku [4] zabírající se tímto tématem na odborném semináři Teorie a praxe IP telefonie [5].

#### **Denial of Services**

Denail of Services znamená nedostupnost poskytovaných služeb. Pokud je hovor veřejným Internetem, musíme počítat s náchylností na útoky běžné na tomto médiu. Protokol by se měl umět vypořádat s případnou nedostupností prvků komunikační cesty, měl by být schopen zvládnout útoky spočívající v přehlcení serverů, uměle vyvolanému vysokému počtu žádostí o navázání spojení atd.

#### **Autenticita**

Vzhledem ke zvyšujícímu se počtu operátorů a využívání otevřených linek roste nebezpečí podvrhnutí zdrojové adresy/čísla, které lze při dostatečných znalostech měnit podobně jako u elektronické pošty.

#### **Telefonní Spam**

Vzhledem ke snížení nákladů na hovorné na cenu spojení a možnosti automatizace hovoru můžeme očekávat výskyt nových automatů, které mohou být ještě rušivější než již dnes

rozšířená nevyžádaná pošta. Je spíše pouze otázkou času, kdy se budeme muset s tímto fenoménem vypořádat. Stejně jako jsou dnes využívány kompromitované počítače k rozesílání pošty pomocí instalovaných poštovních serverů, můžeme se dočkat instalace voip klientu či telefonních ústředen. Vzhledem k nutnosti přímého spojení - interakcí s volajícím je snadnější škodící server identifikovat a odříznout.

## **1.7 Přesné vymezení problému a cílů návrhu**

Náplní práce je analýza problému optimalizace výběru poskytovatelů hlasových služeb s těžištěm na možnou dynamickou volbu z více poskytovatelů. Tento problém rozdělíme do dvou hlavních částí. V první je analýza řešení problému LCR, tedy problém který řeší sami poskytovatelé telefonních služeb s tím, že v našem případě ho rozšíříme o problematiku porovnání ceny hovorů ovlivněnou různým účtováním. Tento problém sami operátoři neřeší, protože vzájemně si hovory účtují po sekundách.

Řešení LCR u telekomunikačních operátorů je podstatnou součástí jejich know-how a postupy si tedy chrání jako své obchodní tajemství. Většinou se jedná o vlastní informační systém, se kterým pracují specialisté na problematiku LCR.

Druhá část práce se zabývá analýzou problému implementace navrženého algoritmu, návrhem a obhajobou řešení, a popisem jeho konkrétní implementace.

Cílem diplomové práce je řešení pro výběr poskytovatele hlasových služeb v aktuálním čase na základě různých nabídek operátorů. Přínosem je automatizovaný výběr na základě aktuální nabídky, ze které volíme nejvýhodnější spojení dle specifikovaných kritérií a s možností uvažovat více poskytovatelů/tarifů pro uskutečnění odchozích volání.

## 2. Analýza problému LCR

### 2.1 Definice problému

Mějme uskutečnit telefonní hovor na zadanou destinaci. Mějme na výběr několik tarifů, které můžeme pro uskutečnění hovoru využít. Naším úkolem je vybrat nejvýhodnější tarif pro tento hovor.

Při výběru nejvýhodnějšího hovoru se řídíme několika základními parametry: cenou, spolehlivostí a kvalitou. K těmto základním můžeme přidat ještě další na základě preferencí volajícího.

### 2.2 Kvalita hovoru

Kvalitou hovoru rozumíme několik různě měřitelných parametrů hovoru. Nejčastěji se pod kvalitou rozumí subjektivní hodnocení účastníků hovoru jak dobře/čistě se slyší, délka odezvy, případné rušení jsou echa, šумы, interference.

Vlastnosti přenosu zvuku jsou u volajícího a volaného dány kvalitou vstupního a výstupního zařízení. Samotný přenos hovoru pak může z různě velké části probíhat analogovým a digitálním způsobem, přičemž na každém se problémy mohou projevit jinak.

U dnes převládajícího digitálního přenosu můžeme udržovat kvalitu hovoru i na velké vzdálenosti, protože u digitální informace je běžné dosahovat stoprocentní reprodukce. A tak při zajištěné dostatečné šířce přenosového pásma odpovídajícímu použitému kódování, můžeme účastníkům hovoru poskytnout kvalitu převyšující citlivost ucha. Tedy omezením bude kvalita použitého hardware, nikoliv zkreslení digitálním přenosem.

Důvodů, proč při digitálním přenosu tedy většinou neslyšíme křišťálově čistý hlas, je několik:

- I zde platí, že řetěz drží pevností nejslabšího článku. Tedy, aby mělo smysl stát o vysokou kvalitu zvuku, museli bychom splnit přísné podmínky během celého přenosu.
- Podmínkou je použití dostatečně dobrého kodeku pro kódování hovoru, ten musí plnit parametry na rychlost a potřebnou kvalitu. Často také není problém v neexistenci

kodeku, ale v jeho nedostupnosti například z licenčních či finančních důvodů.

- Další podmínkou pro použití kodeku je, že mu musí rozumět i protistrana, kodek by tedy měl být standardizovaný a dostatečně rozšířený. To je také důvod, proč není problém nabízet vysokou kvalitu zvuku v rámci jedné sítě s vlastními klienty (Skype, ICQ).
- Poměrně nákladné může být zajištění přenosového média - dobrých vlastností konektivity. Zvláště při využití sítí IP, které běžně nabízejí pouze „Best Effort“ a ne QoS
- Poslední překážkou, ač někdy první, je ekonomické hledisko. Náklady na vysokou kvalitu nemusí být dostatečně požadovanou přidanou hodnotou, aby se ji vyplatilo provozovat. Zákazníkům stačí dosažení určité standardní kvality - dostatečného dorozumění.

## 2.3 Spolehlivost hovoru

Stoprocentně spolehlivý hovor je takový, který bude vždy úspěšně navázán (hovor začne vyzvánět u volaného) a nebude přerušen jinak, než korektním ukončením jedním z účastníků hovoru. Pod újmou na spolehlivosti hovoru můžeme zahrnout případné omyly.

Spolehlivost tedy vyjádříme jako pravděpodobnost, že žádný z negativních jevů nenastane. Každý z těchto jevů můžeme sledovat zvlášť, nebo můžeme uvádět souhrnnou spolehlivost. Ta by měla pro účely rozhodování stačit, protože všechny jevy lze považovat za fatální

Příčiny nespolehlivosti můžeme hledat v chybách ústředí, v jejich špatném nastavení, v problémech při vzájemné komunikaci. Dále v nekvalitním přenosovém médiu či v jeho přílišném vytížení, v poruchách a výpadcích s různou příčinou.

## 2.4 Cena hovoru

Cena hovoru je základním parametrem při výběru nejvýhodnějšího směrování hovorů. Cena je určující, protože u většiny ostatních parametrů se běžně zjednodušuje na vyhovující/nevyhovující, s tím že do výběru zahrneme pouze spojení splňující požadované vlastnosti a mezi nimi pak vybíráme podle ceny.



### 2.4.1 Analýza problému rozpoznání destinace

Než vůbec začneme porovnávat ceny hovorného tarifů pro cílovou destinaci, musíme umět správně zařadit destinaci do skupin, podle kterých budeme moci určit tarifikaci hovoru tarify operátorů.

Z pohledu tarifu jde o zařazení destinace do některé jeho účtovací skupiny. V případě telefonních sítí jde o zařazení čísla do sítě některého operátora, zařazení do skupiny pevných linek či mobilních telefonů. Tyto skupiny však nemusí být pro každého operátora stejné. Můžeme si představit tarif, který má pro jednoduchost pouze dvě účtování – do vlastní sítě a mimo ni. Pokud by takový tarif nabízeli dva operátoři (A a B), každý by musel rozlišovat různé skupiny, které nejsou vzájemně disjunktní. Rozložení na disjunktní skupiny můžeme najít například mezi skupinami reprezentujícími jednotlivé státy, nebo pevné a mobilní čísla v rámci jednoho státu.

Další vlastnost těchto skupin (inkluzi) lze demonstrovat příkladem zahraničního operátora nabízejícího tarif s jednotným účtováním pro hovory do naší republiky - tedy do obou sítí operátorů A i B.

Ač to nemusí být na první pohled zjevné, celkový počet skupin, které rozlišuje jeden tarif se pohybuje v desítkách až stovkách. Většina tarifů rozlišuje volání do různých zemí světa (někdy dále dělí mezi hovory do sítí mobilních operátorů, pevných sítí, či do partnerských sítí), v rámci státu jsou to pak skupiny dané regulátorem, jímž je v případě české republiky Český Telekomunikační úřad [6] stanovené v číslovacím plánu [7].

Problémem, který se v poslední době objevil nejen u nás, je přenositelnost čísel mezi operátory. Tento důležitý krok pro liberalizaci trhu a zjednodušení migrace mezi poskytovateli telefonních služeb má nepříjemné důsledky pro identifikaci skupiny pro zadanou destinaci (sít', do které číslo patří). Díky přeneseným číslům již neplatí prefixy, které byly operátorům rozděleny, tedy popis skupin je daleko obtížnější a nevyhneme se při něm nějaké databázi přenesených čísel.

Druhým aspektem problému je, že se telefonní čísla přenášejí mezi poskytovateli téměř každý den. Abychom dokázali zajistit správné vyhodnocení hovorů, musíme zajistit aktuálnost dat pro rozhodování.

## 2.4.2 Analýza problému tarifikace

Jak již bylo zmíněno výše, s cenou souvisí problém účtování hovorů. Poskytovatelé telekomunikačních služeb si běžně vzájemně účtují hovorné v provolaných sekundách od počátku hovoru, tedy v tarifikaci 1+1. V takovém případě se problému tarifikace můžeme vyhnout a jednoduše vzájemně porovnat cenu jako koeficient u přímé úměrnosti, jenž je grafem funkce závislosti ceny na délce hovoru. Zde je třeba poznamenat, že délka hovorů je zaokrouhlována na sekundy nahoru a že s kratšími časovými intervaly se nepracuje.

V případě, že budeme mít možnost výběru z tarifů s různým účtováním, postup již nebude tak jednoduše řešitelný. Při různých účtováních musíme v analýze začít počítat s délkou hovoru, protože narozdíl od přímé úměry či jiného případu, kdy by všichni poskytovatelé nabízeli tarify se stejným účtováním, zde může hrát důležitou roli. Musíme mít možnost jak tarify s různým účtováním porovnat.

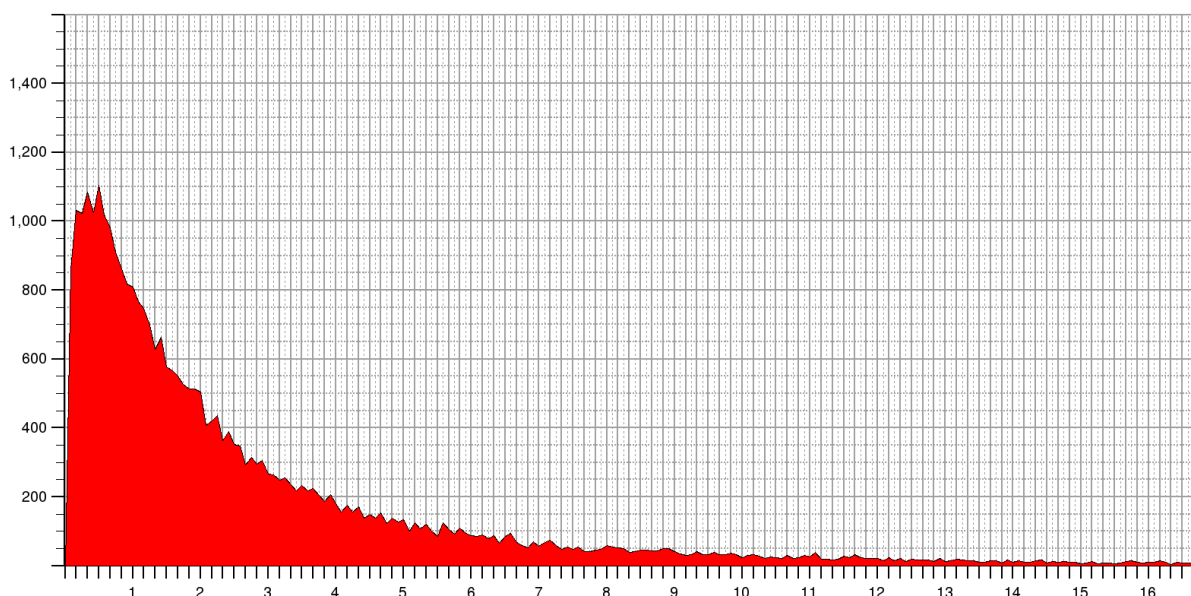
Obecně můžeme účtování vyjádřit jako neklesající funkci ceny hovoru v závislosti na čase. Obor hodnot funkce – cena hovoru je v intervalu  $<0, \infty$ ). Definiční obor funkce – délka hovoru – můžeme být teoreticky také libovolně velká (kladné reálné číslo), avšak my jej můžeme omezit rozumnou vysokou hodnotou (například jedním rokem). Dále můžeme definiční obor převést zobrazením na celá kladná čísla, protože hovory jsou účtované minimálně po sekundách. Funkce není rostoucí, neboť může obsahovat konstantní intervaly. To nastává nejčastěji v případě jiného účtování než po sekundách, nebo pokud je část či celý hovor zdarma nebo za paušál. Tuto funkci nazveme tarifikační funkce.

Nejlevnější tarifem tak bude ten, jehož tarifikační funkce  $t()$  pro skupinu obsahující destinaci bude splňovat:  $\forall b \in B \quad t(d) \leq b(d)$ , kde  $d$  je délka hovoru a  $B$  je množina použitelných tarifikačních funkcí.

Problémem samozřejmě je, že v naprosté většině případů dopředu neznáme délku hovoru při započetí hovoru. Pokud bychom měli u všech poskytovatelů stejné účtování, šlo by tarify porovnat velmi jednoduše podle koeficientu.

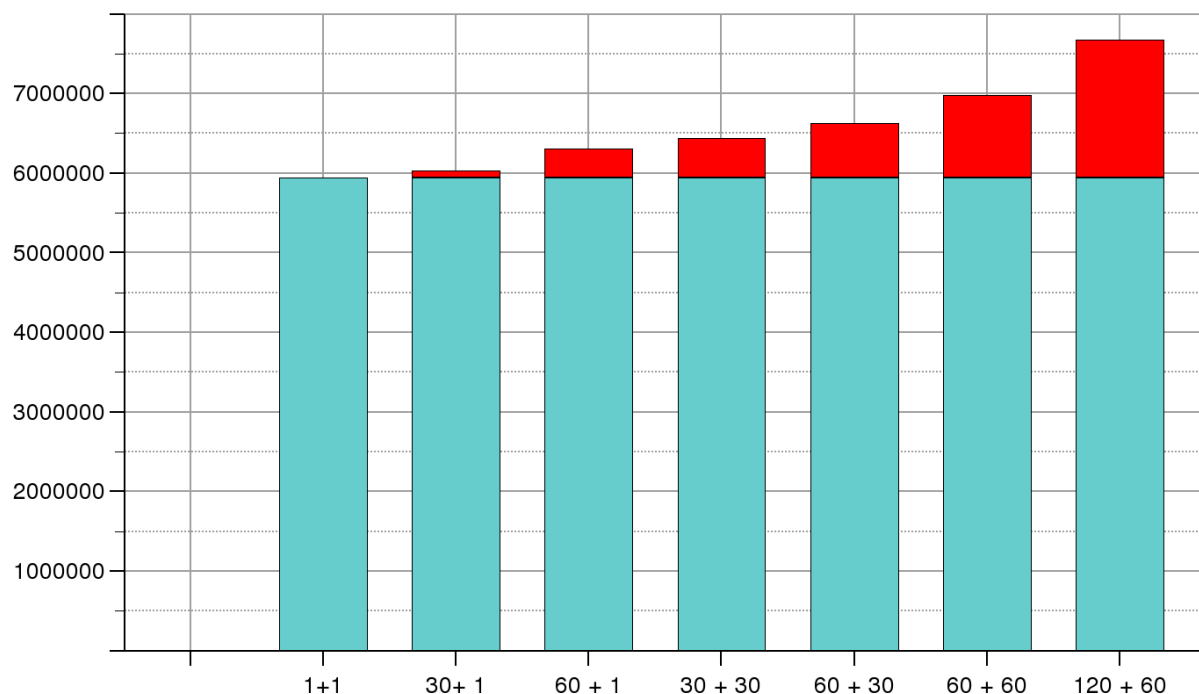
Důležitost tarifikace prakticky demonstrujeme na analýze provedené na údajích o firemních hovorech za období cca 15 měsíců. Nejprve se podívejme na rozložení hovorů podle délky jejich trvání. Obrázek 2.1 ukazuje četnost hovorů vzhledem k jejich délce.





Obrázek 2.1 Rozložení počtu hovorů (osa Y) vzhledem k jejich délce (osa X) v minutách.

Z grafu je vidět, že nejvíce hovorů má délku mezi 25-30 sekundami. Všechny tyto hovory jsou pak například u tarifikace 60+1 účtovány dvojnásobnou cenou oproti tarifikaci 1+1. Nad tímto vzorkem hovorů byla dále provedena analýza pomocí programu, jenž je výsledkem této práce:



Obrázek 2.2: Nárůst účtované doby při různých tarifikacích (v sekundách).

Ovlivnění ceny způsobem účtování se zabývá také článek [8] ing. Ivo Fišera, který počítal se

větším vzorkem hovorů. Na grafech je také vidět jak se liší od odhadu rozložení hovorů s Gaussovskou křivkou použitým v obdobném článku [9]. Výsledky také korespondují se správou Evropské komise [10], která se zabývala roamingem a při porovnání účtovaných cen zveřejnila také rozdíl provolaných a účtovaných minut. Rozdíl vyšel pro Českou republiku na vysokých 30% daných tarifů 60+60 kterou používají naši dominantní operátoři a zřejmě také kratším průměrným hovorem při voláním mezi státy. Výsledky výpočtu programu ukazuje tabulka:

<b>účtování</b>	<b>účtováno sekundy</b>	<b>navýšení</b>	<b>navýšení dle [8]</b>
1+1	5941337	0%	0%
30+1	6032945	1.54%	5%
60+1	6304519	6.11%	17,00%
30+30	6434910	8.31%	14%
60+30	6624930	11.51%	23%
60+60	6975120	17.4%	31%
120+60	7676100	29.2%	61%

Z přehledu je tedy vidět že účtování má výrazný vliv na výslednou cenu hovoru. Vysvětlením, proč je u mého vzorku navýšení nižší, může podhalit poměrně vysoká průměrná délka hovoru, která je těsně nad třemi minutami, kdežto běžně je operátory uváděn průměr kolem minuty a půl.

### 2.4.3 Analýza problému závislosti na čase volání

Dalším problémem komplikujícím reprezentaci účtování je závislost na čase kdy hovor proběhl - operátoři u některých programů rozlišují volání ve špičce a mimo špičku, případně ještě víkendy, svátky, noc atd. Tato označení jsou ovšem pro každého operátora rozdílná (a dokonce též u různých tarifních programů jednoho operátora) a například státní svátky se liší v různých zemích. Z toho plyne, že to, zda je voláno ve špičce či mimo je, je závislé na destinaci hovoru. Musíme tedy mít možnost u každé skupiny uvádět tarifaci hovoru, která bude brát v potaz čas zahájení hovoru.

Běžně platí pravidlo, že hovor je účtován podle pásma ve kterém započal, což alespoň trochu situaci zjednodušuje. Stačí nám tedy určit kdy byl hovor iniciován a dle toho vybrat správné

zpoplatnění, a nemusíme se zabývat speciálními případy, kdy může hovor přesáhnout do jiného pásma.

## **2.5 Další parametry hovoru**

### **2.5.1 Zabezpečení**

Rozvoj protokolů internetové telefonie v mnohém sleduje předchozí protokoly, které se dočkaly velkého rozšíření: smtp a http. Po jejich úspěšné implementaci a rozšíření se až v závěsu řeší problém bezpečnosti, který bude zřejmě důsledněji řešen, až se vyskytne dostatečně závažný problém. Stejně jako v jiných protokolech, i zde si zabezpečení vyžaduje nejen vyšší nároky na prostředky, ale také na vzájemné spolupráci (společný standard zabezpečení).

### **2.5.2 Rychlost navázání spojení**

Při spojování hovorů může dojít na každém mezikroku spojení k určitému zdržení, ať již způsobeném pomalostí ústředny, složitostí navazování spojení, či různými prodlevami. Největší problém může být u ústředí s vlastní logikou, kde by mohl hovor narazit na čekání a timeouty.

### **2.5.3 Služby navíc**

Jedná se o možnou hodnotu přidanou poskytovatelem. Pod tím si můžeme představit například možnost videohovoru, možnost sdílení dokumentů, současnou komunikace pomocí textových zpráv, sdílení plochy atd.

### **2.5.4 Uživatelské preference**

Je možné, že si uživatel může určit další podmínky preferující některé tarify.

## 3. Řešení problémů LCR

### 3.1 Kvalita hovoru

Obecným přístupem k parametrům rozhodování může být stanovení hranice, jejíž dodržení je vyžadováno pro použití odpovídajícího tarifu.

Druhým přístupem je při měřitelnosti parametru spojení bonifikace či penalizace hodnoceného tarifu. Toto ovlivnění pak může být od prostého vynásobení koeficientem či přičtení konstanty po složitou funkci jejímž vstupem jsou právě určené parametry spojení.

Příklad:

Použijeme například průměrnou dobu mezi odesláním požadavku na uskutečnění hovoru a začátkem vyzvánění u volaného. Tuto dobu označme **setup** a dále mějme hodnotu **vaule** jako ohodnocení dosud určené nákladnosti hovoru. S touto informací můžeme naložit kupříkladu těmito způsoby:

- stanovení hranice: pokud **setup** > 30s pak **vaule** =  $\infty$
- penalizací: pokud **setup** > 20s pak **vaule** = **vaule** \* 1,2
- promítnutím: **vaule** = **vaule** + **setup**

### 3.2 Návrh algoritmu řešení LCR

Máme tedy již výše nastíněný problém vybrat nejvýhodnější tarif. Vstupními daty pro algoritmus budou:

- volající
- volaný
- seznam dostupných tarifů
- čas iniciace hovoru
- délka hovoru

Jak již bylo zmíněno při analýze problému, abychom získali ideální tarif porovnáním

nabízených variant, musíme znát délku hovoru. Protože ji však v naprosté většině případů neznáme, můžeme postupovat dvěma způsoby. První možností je pokusit se porovnat tarify nezávisle na délce hovoru. Druhou je možnost pokusit se délku hovoru co nejlépe odhadnout a pro výpočet pak použít odhad. Poznamenejme, že zde již uvažujeme porovnání konkrétních tarifikačních funkcí odpovídající destinaci hovoru.

Pokud budeme srovnávat pouze tarifikační funkce bez ohledu na délku volání, můžeme se posít počítat pravděpodobnost, se kterou bude mít jedna funkce vyšší hodnotu než druhá. Můžeme spočítat rozdíl funkcí a rozhodovat podle toho, zda bude integrál rozdílu kladný nebo záporný. Vzhledem k tomu, co jsme si však ukázali o rozložení hovorů, je pro správné porovnání nutné využití dostupné znalosti o délce hovoru.

### 3.3 Reprezentace tarifů

Tarif je dle definice souborem účtování. Pro každé účtování pak existuje jedna či více skupin (destinací) umožňující rozhodnutí, které účtování bude použito. Protože vybíráme vždy právě jedno, stačí nalézt první vyhovující skupinu. Aby při definici tarifu nemusely být použity pouze disjunktní skupiny, musí program zachovávat pořadí, ve kterém jsou skupiny uvedeny a pro každou skupinu by mělo by platit, že není podmnožinou žádné předcházející skupiny v rámci jednoho tarifu, jinak by její uvedení bylo zbytečné.

### 3.4 Reprezentace skupin

Destinace je v obecném případě reprezentována znakovým řetězcem. Skupiny destinací mají většinou shodné prefixy (předvolby telefonních čísel) či suffixy (doménová jména SIP adres), dalším příkladem může být výčet destinací (VPN firmy, rodina, ...). Všechny tyto skupiny destinací můžeme zastřešit pomocí regulárních výrazů. Destinace tedy je součástí skupiny, pokud odpovídá regulárnímu výrazu skupiny. Bohužel, situace v telekomunikacích není tak jednoduchá. Díky možnosti přenášet čísla mezi některými sítěmi (jež odpovídají skupinám) je situace komplikovanější, protože prefixy telefonních čísel neplatí úplně a je třeba se s tímto problémem vypořádat.



### 3.4.1 Problémy implementace úlohy

Přímočarým řešením problému je postupné procházení účtování každého tarifu a testování, do které skupiny zapadne. Nevýhodou tohoto postupu je nevyužití testů u předchozích tarifů. Například u každého tarifu můžeme testovat stejný test, zda destinace nepatří mezi čísla, kde nese náklady volaný, což je příklad skupiny, kterou budou s velkou pravděpodobností ošetřovat všichni operátoři. Obecně se toto řešení hodí pro situaci, kdy by měli operátoři vzájemně rozdílné skupiny destinací. V reálných případech však operátoři rozeznávají mnoho stejných skupin destinací, kupříkladu hovory do různých států.

Možnou optimalizací tohoto způsobu určování účtování je zapamatování si proběhlých testů - společných skupin, kam destinace patří a nepatří. Touto optimalizací se pak dostáváme k líné implementaci druhého řešení. Tím je, že nejprve nalezneme skupiny, ve kterých se daná destinace nalézá, a ty již pouze porovnáváme se skupinami účtování tarifů. Pokud bychom ovšem procházeli všechny skupiny, výsledek by mohl být horší (v předchozím řešení stačilo najít první vyhovující skupinu). Klíčem ke zrychlení je využití vzájemných vlastností skupin - mnoho skupin je vzájemně disjunktních a ve vztahu inkluze. Pokud kupříkladu zjistíme, že číslo patří do skupiny českého operátora, můžeme z toho vyvodit, že zároveň patří do skupiny českých čísel (je podmnožinou), můžeme vyloučit jeho konkurenci (disjunkce) a můžeme hledat v jeho podmnožinách. V případě, že zjistíme opak, můžeme rovnou vyloučit, všechny skupiny, jež jsou podmnožinami zavržené skupiny.

Výběr lze dále optimalizovat pomocí výběru vhodného seřazení skupin. To by již ovšem znamenalo optimalizaci na základě předpokládaných dat, či použití některé dynamické datové struktury, které by uchovávaly nejčastěji využívané skupiny a ty by pak byly testovány přednostně.

### 3.4.2 Účtování a jeho reprezentace

Jak již bylo zmíněno v části věnující se tarifkaci, cenu hovory nelze uchovávat a porovnávat pouze jako lineární funkci (závislou na čase). Postačit by nám však mělo rozšíření na funkci rostoucí skokově s různou délkou intervalu (v našem - diskrétním chápání času je nedělitelnou jednotkou jedna sekunda) a složení více těchto funkcí. Funkce účtování je tedy reprezentována seznamem po sobě jdoucích trojic, kde číslice postupně určují:

(délku intervalu v sekundách, cenu jednoho intervalu, délku platnosti trojice od začátku

hovorů).

Reprezentace umožňuje také zadání jednorázového poplatku zadáním nulové délky platnosti trojice (třetí číslo je shodné s třetím číslem v předchozí trojici nebo 0 v případě první trojice v účtování).

### **3.4.3 Vypořádání se s přenositelností**

Řešením tohoto problému by byl dotaz do aktuální databáze přenesených čísel, a to buď lokální, která by ovšem musela být často aktualizována, nebo do vzdálené - například databáze mobilních operátorů, kteří ji mají zpřístupněnou přes webové stránky a další kanály (sms služby, ...). Rizikem tohoto řešení je rychlost odpovědi, protože sebemenší prodleva prodlužuje čas rozhodnutí programu.

### **3.4.4 Řešení problému závislosti na době volání**

Nemůžeme tedy použít žádný jednoduchý mechanismus = zas bychom několikrát testovali totéž. Z toho plyne, že by bylo komplikované u každého účtování přímo uvádět a posléze testovat, ve kterých případech platí.

Místo toho použijeme mechanismus skupin podobný tomu při hledání destinace. Každé účtování tedy bude označeno identifikátorem platnosti, který zároveň zastupuje funkci vybírající platný identifikátor dle aktuálního času. Shodou identifikátorů pak vybereme použité účtování.

Ke každé skupině destinací bude přiřazen seznam dvojic (seznam ID\_platností, účtování). Pro účtování, jež platí nezávisle na čase, bude mít seznam právě jeden prvek, jenž má jako ID\_platnosti nastavenou hodnotu VZDY. Pozn: seznam o jednom prvku bez VZDY může existovat a byl by to případ tarifu, který je dostupný v závislosti na čase.

## 5.6 Modul LCR

Tento modul slouží jako rozhraní mezi Asteriskem a modulem Směrovač, který určuje směrování hovoru. LCR je volán z dialplánu Asterisku, zpracovává jeho vstupy a využívá funkcí univerzálního Směrovače, pro nalezení nejlepšího operátora pro zprostředkování hovoru a pak tyto výsledky předá zpět Asterisku. Sám neobsahuje žádnou logiku pro hledání spojení, slouží pouze jako mezistupeň. Ke komunikaci s Asteriskem využívá Asterisk Gateway Interface.

### 5.6.1 Asterisk Gateway Interface (AGI)

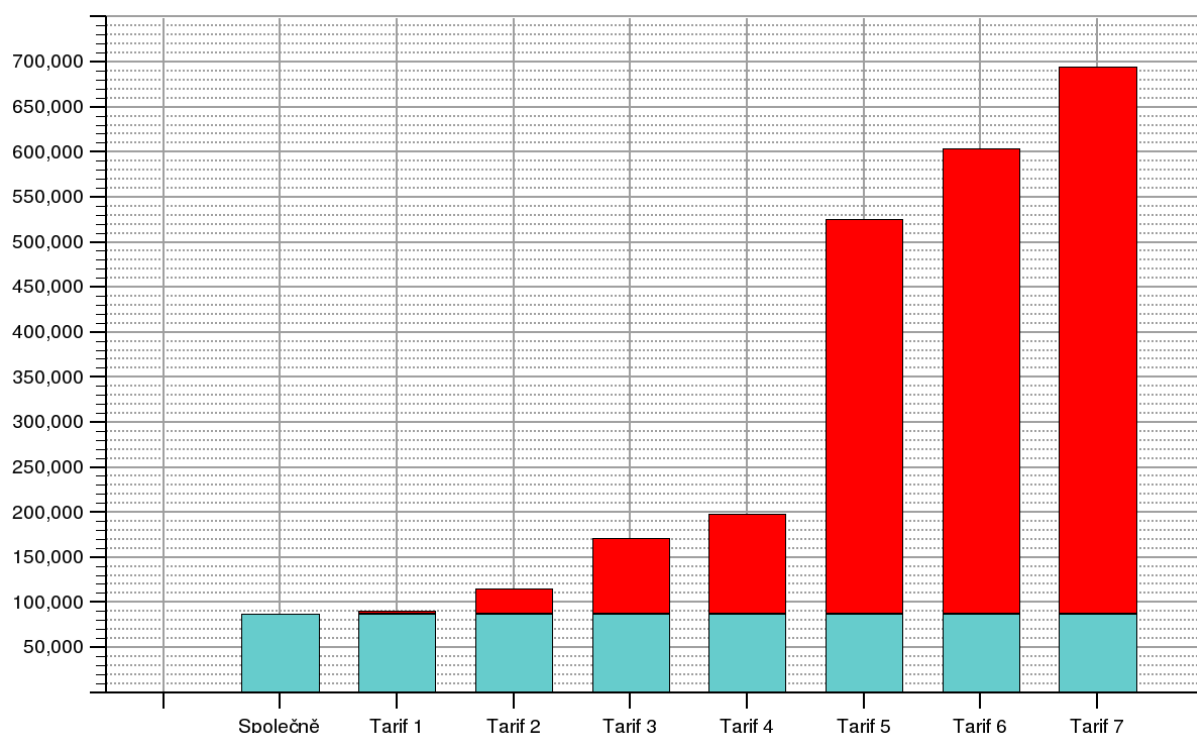
Asterisk Gateway Interface je rozhraní umožňující komunikaci Asterisku s externím programem a rozšiřuje tak možnost ústředny. Pomocí integrovaného dialplánu lze sice naprogramovat hodně, avšak není k tomuto účelu uzpůsoben. Složitější výpočetní konstrukce by byly nepřehledné a neefektivní. Dialplán je především konfigurační soubor popisující stavový automat řídící přepojování hovorů v Asterisku.

AGI přináší možnost provádět složitější výpočty na základě externích dat, můžeme komunikovat s dalšími programy (databázemi, různými servery), můžeme rozšířit logiku rozhodování.

AGI komunikuje s externím programem pomocí standardního vstupu (STDIN), standardního výstupu (STDOUT) a chybového výstupu. Asterisk tedy posílá vstup pro LCR přes STDIN a čte z STDOUT a STDERR. Použití externího programu začíná provedením příkazu v dialplánu, který dostane jako parametr jméno externího programu. Ten je pak Asteriskem spuštěn a na standardní vstup dostane seznam proměnných Asterisku (reprezentující též stav dialplánu). Pak už jen Asterisk čeká na příkazy na STDOUT programu, které vykonává a případné odpovědi opět posílá přes STDIN.

## 6. Příklad analýzy konkrétních dat

Pro demonstraci programu použijeme již výše zmíněná firemní data. Ukážeme si srovnání pro několik různých tarifů a jaké výhody jaké výhody jejich kombinace poskytuje poskytuje.



Obrázek 6.1

Tarify 1 a 2 patří voip operátorům, u kterých jsou velmi příznivé sazby blízké se propojovacím poplatkům, operátor 1 používá účtování 1+1, operátor 2 účtování 60+30. Následující dva tarify jsou VOIP nabídkou Telefoniky O2 (tarif 3) a její standardní tarif pro pevné linky (tarif 4). Poslední trojici tarifů tvoří předplacené programy mobilních operátorů. Tyto tarify byly zařazeny jednak pro ukázkou srovnání mezi v podstatě nejlevnějšími a nejdražšími nabízenými tarify a také proto, že poslední jsou specifické zvýhodněnou sazbou při volání do vlastní sítě. Díky tomu mohou výrazně ovlivnit společný výsledek, i když samostatně pohoří. Například pokud vyjmete z výběru poslední, nejnákladnější tarif,

stoupnou společné náklady na 89818 (to je o 3,82%), což je již velmi blízko nejlevnějšímu tarifu.

Výsledky ukazuje následující tabulka:

<b>použitý tarif</b>	<b>náklady</b>	<b>navýšení</b>
Společně	86511	0%
Tarif 1	90399	4.49%
Tarif 2	114563	32.42%
Tarif 3	170773	97.4%
Tarif 4	197892	128.75%
Tarif 5	525558	507.5%
Tarif 6	603794	597.93%
Tarif 7	694134	702.36%

## 7. Srovnání s jinými implementacemi

### 7.1 Tarifikátory

Jedním z nejrozšířenějších softwarových prostředků pro optimalizaci nákladů na hlasové služby jsou tzv. tarifikátory. Vstupem těchto programů jsou informace o uskutečněných hovorech do různých sítí či jejich odhady a výstupem je pořadí tarifů dle nákladů, u komplexnějších programů i grafy ceny tarifů v závislosti na délce hovorů. Příkladem zpracovaného tarifikátoru je například Tardat<sup>12)</sup> společnosti Tartek.

Základním rozdílem oproti prezentovanému řešení je, že tarifikátory hledají jeden optimální tarif a nepředpokládají možnosti využití více poskytovatelů zároveň. V případě modifikace tarifikátoru pro tento předpoklad by pak mohly sloužit pro počítání rozdílu výsledku programu a ideálního směřování (při plné informaci o všech hovorech).

Výsledný program vzhledem ke svému účelu nemůže a ani nemá ambice být srovnatelným co do uživatelského rozhraní ve srovnání s vyspělejšími programy, ale co funkčnosti, dokáže také vyhodnotit optimální tarif na základě informací o hovorech. Navíc při tom zohledňuje i tarifikace (délku volání) a čas, kdy byl hovor uskutečněn, což mnohé jednodušší varianty, které pracují pouze s měsíčními úhrny, neberou v úvahu.

### 7.2 LCR systémy

Srovnání s LCR systémy operátoru je poněkud složitější, neboť to jsou většinou složité a customizované systémy, které jsou dohledovány vlastními specialisty - jsou pro firmu zásadní součástí pro směřování hovorů.

Co se týče práce s informacemi o hovorech, pracují jak s délkou, tak s časem volání. Porovnání tarifů je většinou činěno pomocí statických, daných tabulek, případně rozhodováním mezi několika zadanými poskytovateli porovnáním koeficientů u tarifů. Při výše zmíněném vzájemném sekundovém účtování se jich problém tarifikace netýká.

Příkladem volně dostupného a jednoduchého systému může být LCR přímo pro Asterisk, jehož autorem je Jean-Michel Hiverú [13]. Tato implementace počítá se staticky definovaným směrováním a klasickými telefonními čísly.

## 8 Shrnutí výsledků a závěr

### 8.1 Výsledky práce

V diplomové práci jsem analyzoval problém LCR a popsal vlastní způsob řešení s novým přístupem k problému závislosti výběru na tarifickaci. Popsal jsem návrh programu a důvody vedoucí k výběru zvoleného řešení. Rozpracoval jsem modulárně postavený prototyp, který je určen jak k použití v rámci Asterisku pro LCR, tak pro analýzu záznamů o hovorech, simulaci rozhodování a výběr optimální kombinace tarifů.

Díky dlouhodobé práci na velmi dynamickém oboru jsem se během práce měl možnost sledovat rychlý vývoj moderních technologií a při snaze udržet krok s vývojem jsem byl nucen práci přepracovávat. Je až s podivem nakolik se rozšířil Asterisk a nakolik samozřejmou dnes internetová telefonie je.

### 8.2 Možnosti dalšího rozšíření práce

Další postup práce by se mohl rozvíjet v několika směrech. Jednak jde o tvoření plně funkčního a rozšířeného programu, který by vycházel z připraveného prototypu a popsaného řešení a mohl by být nasazen v ostrém provozu. K tomu patří i zvýšení uživatelského komfortu co se týče instalace a konfigurace, která by šla zpříjemnit vytvořením průvodců. Jednou z takovýchto cest je i integrace přímo do linuxové distribuce. Tento projekt již existuje pod Trixbox [14], dříve Asterisk@home[15].



## 8.3 Zhodnocení

Osobně je pro mne diplomová práce především symbolem vlastních problémů, které se za posledních pět let plně projevily a ochromily můj život. Byla to pro mne náročná snaha najít tyto problémy, připustit si je, pojmenovat je a snažit se je vyřešit. Byly to desítky začátků a konců, opakované hledání cesty dál, měsíce připravených, ale nevyužitých příležitostí, promrhané energie, a opakování stejných chyb, které bohužel kromě mne zasáhly také mnoho mých blízkých. Ne proto, že práce neodpovídá mým představám, ale z těchto důvodů považuji diplomovou práci za své selhání.

Ale také za cestu dopředu.

## 9. Seznam literatury

- [1] Český telekomunikační úřad: Rozhodnutí o ceně č. CEN/16/01.2009-3 [http://www.ctu.cz/cs/download/art/cen/rozhodnuti/rozhodnuti\\_cen\\_16-01\\_2009-03\\_vodafone.pdf](http://www.ctu.cz/cs/download/art/cen/rozhodnuti/rozhodnuti_cen_16-01_2009-03_vodafone.pdf) 2009
- [2] Český telekomunikační úřad: Rozhodnutí o ceně č. CEN/9/11.2008-7 [http://www.ctu.cz/cs/download/art/cen/rozhodnuti/rozhodnuti\\_cen\\_09-11\\_2008-07\\_cd\\_telematika.pdf](http://www.ctu.cz/cs/download/art/cen/rozhodnuti/rozhodnuti_cen_09-11_2008-07_cd_telematika.pdf) 2008
- [3] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, E. Schooler: RFC 3261 <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt> June 2002
- [4] Tomáš Vaněk: Bezpečnost v oblasti voip - 2008 [http://www.ip-telefon.cz/archiv/dok\\_osta/ipt-2008\\_Bezpecnost\\_VoIP.pdf](http://www.ip-telefon.cz/archiv/dok_osta/ipt-2008_Bezpecnost_VoIP.pdf)
- [5] Kolektiv: Teorie a praxe IP telefonie - 2008 <http://www.ip-telefon.cz/>
- [6] Český telekomunikační úřad <http://www.ctu.cz>
- [7] Český telekomunikační úřad: číslovací plány - 2008 <http://www.ctu.cz/predpisy-a-opatreni/opatreni-ctu/cislovaci-plany---archiv.html>
- [8] Ivo Fišer: Rozdílná tarifikační perioda má na cenu volání zásadní vliv - 2009 <http://www.lupa.cz/clanky/tarifikacni-perioda-ma-na-cenu-volani-vliv/>
- [9] <http://www.mobilmania.cz/default.aspx?section=21&server=1&article=1120916>
- [10] International Roaming ERG Benchmark Data Report for October 2007 – March 2008 [http://erg.ec.europa.eu/doc/publications/erg\\_08\\_36\\_intern\\_roam\\_rep\\_080812.pdf](http://erg.ec.europa.eu/doc/publications/erg_08_36_intern_roam_rep_080812.pdf)
- [11] Jared Smith, Jim Van Meggelen, Leif Madsen: Asterisk: The Future of Telephony 2005
- [12] Kolektiv autorů: Asterisk Extension Language <http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+AEL>
- [13] Program pro tarifikaci, evidenci a účtování telefonního provozu na pobočkových ústřednách: <http://www.tartek.cz/tardat4.html>
- [14] Jean-Michel Hiver: Asterisk LCR <http://search.cpan.org/perldoc?Asterisk::LCR>
- [15] Andrew Gillis: Tribbox <http://asteriskathome.sourceforge.net/>
- [16] Alex Blank: How to setup Asterisk@home <http://mikesoares.com/guides/asterisk/>